

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung und Problemstellung | 1 |
| 2. Mechanisches Verhalten des Betons unter Dauerbeanspruchung | 3 |
| 2.1 Verhalten unter langzeitiger statischer Druckbeanspruchung | 3 |
| 2.1.1 Zeitlicher Ablauf des Kriechens | 3 |
| 2.1.2 Wesentliche Einflüsse auf das Kriechen | 5 |
| 2.1.3 Theorien zur Beschreibung des Kriechverhaltens | 6 |
| 2.1.4 Rheologische Modelle | 10 |
| 2.2 Verhalten unter Druckschwellbeanspruchung | 14 |
| 3. Verbundverhalten von einbetonierten Bewehrungsstäben | 16 |
| 3.1 Kurzzeitverhalten bei statischer Beanspruchung | 16 |
| 3.1.1 Experimentelle Ermittlung des Verbundverhaltens | 16 |
| 3.1.2 Stoffgesetze des Verbundes | 24 |
| 3.1.3 Berücksichtigung des Verbundes in Tragwerksberechnungen | 27 |
| 3.2 Verbundverhalten bei statischer Langzeitbeanspruchung | 30 |
| 3.2.1 Allgemeines | 30 |
| 3.2.2 Bisherige Arbeiten | 32 |
| 3.3 Verbundverhalten bei Schwellbeanspruchung | 37 |
| 3.3.1 Allgemeines | 37 |
| 3.3.2 Bisherige Arbeiten | 37 |
| 4. Eigene Verbunduntersuchungen | 42 |
| 4.1 Aufbau und Herstellung der Versuchskörper | 42 |
| 4.2 Baustoffe | 44 |
| 4.2.1 Bewehrungsstahl | 44 |
| 4.2.2 Beton | 45 |
| 4.3 Kurzzeitversuche | 46 |
| 4.4 Verbundverhalten unter statischer Langzeitbeanspruchung | 49 |
| 4.4.1 Versuchseinrichtung und Versuchsdurchführung | 49 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.4.2 | Einfluß der Beanspruchungshöhe | 53 |
| 4.4.3 | Einfluß der Betongüte | 56 |
| 4.4.4 | Einfluß der Zementart | 58 |
| 4.4.5 | Einfluß der bezogenen Rippenfläche | 58 |
| 4.4.6 | Einfluß des Belastungsalters | 61 |
| 4.4.7 | Einfluß der Betondeckung | 63 |
| 4.4.8 | Einfluß von Laständerungen | 66 |
| 4.4.9 | Verhalten nach statischer Vorbeanspruchung | 70 |
| 4.4.10 | Dauerstandfestigkeit des Verbundes | 74 |
| 4.5 | Verbundverhalten unter zyklischer Schwellbeanspruchung | 77 |
| 4.5.1 | Versuchseinrichtung und Versuchsdurchführung | 77 |
| 4.5.2 | Einfluß der Schwingbreite | 79 |
| 4.5.3 | Einfluß der Frequenz | 83 |
| 4.5.4 | Einfluß der Betongüte | 83 |
| 4.5.5 | Einfluß der bezogenen Rippenfläche | 85 |
| 4.5.6 | Einfluß des Belastungsalters | 86 |
| 4.5.7 | Einfluß der Betondeckung | 86 |
| 4.5.8 | Verhalten nach zyklischer Vorbeanspruchung | 90 |
| 5. | Werkstoffgesetze | 92 |
| 5.1 | Ansatz für das Kurzzeitverhalten | 92 |
| 5.1.1 | Anpassung des Rechenansatzes an Versuchsergebnisse | 96 |
| 5.2 | Verbundkriechen bei zeitlich konstanter Beanspruchung (Einstufenversuch) | 103 |
| 5.3 | Verbundkriechen bei Laständerungen (Superpositionsprinzip) | 111 |
| 5.4 | Erweiterung der Verbundkriechfunktion auf schwellende Beanspruchung | 117 |
| 5.5 | Zur mechanischen Natur der Kurzzeit- und Kriechverformungen | 121 |
| 5.5.1 | Stoffmechanische Deutung der Werkstoffgesetze | 121 |
| 5.5.2 | Innere Rißbildung, Sprengrißbildung | 125 |
| 6. | Rechnerische Ermittlung der Spannungs- und Verschiebungsverteilung bei Kurzzeit- sowie bei Langzeitbelastung für ausgewählte Beispiele | 138 |
| 6.1 | Vorbemerkungen | 138 |
| 6.2 | Grundsätzliche Auswirkung des Verbundkriechens | 139 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.3 | Die Differentialgleichung des verschieblichen Verbundes | 141 |
| 6.4 | Stabwerkmodell | 143 |
| 6.4.1 | Diskretisierung des Verbundbereichs | 143 |
| 6.4.2 | Herleitung der Beziehungen | 144 |
| 6.4.2.1 | Stoffgesetz der Elemente | 144 |
| 6.4.2.2 | Verformungsbedingungen | 147 |
| 6.5 | Verlauf der Stahl- und Verbundspannungen sowie der Verschiebungen entlang der Einbettungslänge des Ausziehkörpers | 150 |
| 6.5.1 | Beziehungen für den Ausziehkörper | 150 |
| 6.5.2 | Versuche an Ausziehkörpern zur Verifizierung der Theorie | 154 |
| 6.5.3 | Berechnung des zeitabhängigen Spannungs- und Verschiebungsverlaufs | 159 |
| 6.5.3.1 | Berechnung für den Erstbelastungszeitpunkt t_0 | 159 |
| 6.5.3.2 | Zeitliche Änderung des Spannungs- und Verschiebungsverlaufs infolge von Verbundkriechen | 163 |
| 6.5.3.3 | Einfluß des Schwindens und Kriechens auf den Spannungs- und Verschiebungsverlauf | 167 |
| 6.6 | Verlauf der Stahl- und Verbundspannungen sowie der Verschiebungen zwischen zwei Rissen | 168 |
| 6.6.1 | Beziehungen für das Stabwerkmodell bei fortgeschrittener Ribbildung | 168 |
| 6.6.2 | Berechnung für den Erstbelastungszeitpunkt t_0 | 174 |
| 6.6.3 | Zeitliche Änderung des Spannungs- und Verschiebungsverlaufs infolge von Verbundkriechen | 177 |
| 6.6.4 | Einfluß des Schwindens und Kriechens auf den Spannungs- und Verschiebungsverlauf | 184 |
| 6.7 | Versuche an Dehnkörpern zur Verifizierung der Theorie | 185 |
| 6.7.1 | Eigene Versuche | 185 |
| 6.7.1.1 | Versuchskörper und Versuchsdurchführung | 185 |
| 6.7.1.2 | Versuchsergebnisse | 188 |
| 6.7.1.3 | Vergleich von Versuch und Rechnung | 197 |
| 6.7.2 | Versuche von Jaccoud und Charif /21/ | 203 |

IV

| | | |
|---------|--|-----|
| 6.7.2.1 | Versuchskörper und Versuchsdurchführung | 203 |
| 6.7.2.2 | Versuchsergebnisse | 203 |
| 6.7.2.3 | Vergleich von Versuch und Rechnung | 204 |
| 7. | Näherungslösungen mit Hilfe isochroner Verbundspannungs-Verschiebungslinien | 207 |
| 8. | Vergleich der Abschätzung der Rißbreitenvergrößerung und der Abnahme der Mitwirkung des Betons auf Zug nach der Verbundkriechtheorie mit derjenigen nach bekannten empirischen Verfahren | 212 |
| 9. | Zusammenfassung und offene Probleme | 220 |
| 10. | Literaturverzeichnis | 225 |